

# 왕겨 기반 바이오매스 식품 포장재 적용방안 검토

최제호\*, 김승한\*\*, 조윤찬\*\*\*, 김승환\*\*\*, 진주완\*

\*건양대학교 스마트농산업학과, \*\*건양대학교 방재보안학과, \*\*\*건양대학교 재난안전소방학과  
e-mail:25369503@konyang.ac.kr

## Review of Application Methods for Rice Husk-Based Biomass Food Packaging Materials

Je-Ho Cho\*, SeungHan Kim\*\*, Yun-Chan Jo\*\*\*, Seung-Hwan Kim\*\*\*, Juan Jin\*

\*Dept. of Smart Agricultural Technology and Innovation, \*\*Dept. of Disaster Prevention and Security, \*\*\*Dept. of Disaster Safety & Fire Fighting, Konyang University

### 요약

전 세계 플라스틱 폐기물의 약 40%는 포장재에서 발생하며, 특히 식품 산업은 신선 농산물의 품질 유지와 유통 보호를 위해 포장재 사용 비중이 높은 분야이다. 그러나 기존 포장재는 비생분해성 특성으로 인해 환경에 장기간 잔존하며, 오염 및 복합 구조로 인해 재활용률이 낮다는 한계를 가진다. 또한 저장 과정에서 에틸렌은 과실의 성숙과 노화를 촉진하여 품질 저하를 유발하며, 이를 억제하기 위해 MA 및 CA 저장 기술이 활용되지만 이취 발생과 설비 의존성 문제가 존재한다. 본 연구에서는 이러한 한계를 해결하기 위해 농업 부산물인 왕겨를 활용한 바이오매스 기반 기능성 포장재를 제안하였다. 왕겨는 다공성 구조와 실리카 성분을 기반으로 수분 조절, 가스 흡착 및 충격 완충 기능을 동시에 수행하며, 특히 에틸렌을 흡착하여 저장성을 향상시킬 수 있다. 또한 폐기물 자원화를 통한 탄소 저감과 자원순환 측면에서도 효과가 기대된다.

## 1. 서론

전 세계 플라스틱 폐기물의 약 40%는 포장재에서 발생하며, 이 중 상당 부분은 단기간 사용 후 폐기되는 일회용 포장재로 구성되어 있다[1]. 특히 식품 산업은 포장재 사용 비중이 가장 높은 분야 중 하나로, 신선 농수산물의 경우 품질 유지 및 유통 과정 보호를 위해 다양한 플라스틱 기반 포장재가 광범위하게 사용되고 있다[2]. 이들 포장재는 주로 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)와 같은 비생분해성 소재로 구성되어 있으며, 사용 후 대부분 폐기됨에 따라 전 세계 플라스틱 폐기물 증가의 주요 원인으로 작용하고 있다[3].

이와 같은 문제를 해결하기 위해 전 세계적으로 플라스틱 사용 저감 및 대체 소재 개발을 위한 정책적 노력이 강화되고 있다. 유럽연합(EU)은 일회용 플라스틱 사용을 제한하는 Single-Use Plastics Directive를 도입하여 포장재 규제를 강화하고 있으며, 유엔환경계획(UNEP)은 플라스틱 오염 종식을 목표로 하는 국제 협약을 추진하고 있다[4]. 또한 OECD 등 국제기구는 순환경제 기반의 플라스틱 감축 정책을 제시하며, 재활용 확대 및 바이오 기반 소재로의 전환을 강조하고 있다[5].

본 연구에서는 기존 플라스틱 및 종이 기반 포장재를 대체하기 위해 연간 70만톤 이상 지속적으로 발생하는 농업부산물인 왕겨

를 활용한 친환경 포장재를 제안한다. 왕겨는 기존에 저부가가치로 활용되거나 폐기되던 농업 부산물로, 재생 가능한 바이오매스 기반 소재로서 탄소중립 실현 및 왕겨의 천연 복합 구조를 통해 식품 보존 기간 향상에 기여할 수 있다.

## 2. 플라스틱 포장재의 한계와 대체 소재 필요성

### 2.1 전 세계 플라스틱 배출 현황

전 세계 플라스틱 생산량은 지속적으로 증가하여 연간 약 4억 톤으로 연평균 4% 성장하고 있으며, 이 중 상당 부분이 일회용 폐기물로 사용되고 있다[6]. 특히 플라스틱 포장재는 재활용이 가능한 소재로 알려져 있으나, 오염, 복합재 구조, 선별 한계와 같은 문제에 따라 실제 재활용률은 약 50% 내외 수준에 머무르는 것으로 나타나며 “전주기 탈플라스틱 대책”에 따르면 2030년 70%, 2040년 100%를 목표로 한다[7]. 또한 플라스틱 폐기물의 소각 과정에서는 톤당 약 2.5~3.0톤 수준의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 배출되는 것으로 보고되고 있으며, 이는 폐기물 처리 과정이 단순한 환경 오염을 넘어 온실가스 배출의 주요 원인으로 작용함을 의미한다[8]. 이에 따라 일회용품 사용과 탄소 배출을 동시에 저감할 수 있는 친환경·저탄소 소재의 개발이 필요하다.

## 2.2 기존 식품 포장재 현황 및 한계

식품 포장재는 금속, 유리, 플라스틱 등 다양한 재질로 구성되며, 외부 환경으로부터 식품을 보호하고 산소(O<sub>2</sub>), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 수분 등의 환경 요소를 제어하여 품질을 유지하는 기능을 수행한다[9]. 이 중 플라스틱 포장재는 경량성, 가공성, 기체 차단 특성 등의 장점을 바탕으로 가장 널리 활용되고 있다. 대표적으로 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 등이 사용된다[10]. 특히 신선 농수산물의 경우 호흡 작용과 수분 변화에 민감하기 때문에, Modified Atmosphere(MA) 기술을 적용하여 포장 내부의 기체 조성을 조절함으로써 저장성과 유통 안정성을 향상시키고 있다. 그러나 그림 1과 같이 플라스틱 기반 포장재는 대부분 비생분해성 소재로 구성되며, 다층 필름 및 식품 오염으로 인해 재활용이 제한되는 한계를 가진다.



[그림 1] 기존 식품 포장재 오염 상태(PE, PP 등)

또는 폐기 되는데, 이는 톤당 1.4~1.8톤의 CO<sub>2</sub>를 배출한다(IPCC 탄소배출 환산 기준). 이에 따라 왕겨와 같은 농업 부산물을 고부가가치 소재로 전환하여 기존 플라스틱 기반 포장재를 대체할 수 있는 바이오매스 기반 친환경 포장재 개발이 필요하다.

특히 왕겨는 다공성 구조와 셀룰로스-리그닌 기반의 천연 복합 구조를 가지며, 식품 보존에 필요한 수분 조절, 단열, 완충 기능을 동시에 구현할 수 있어 식품 포장재로서의 적용 가능성이 높은 소재이다. 또한 폐기물 자원화를 통해 탄소 배출 저감과 자원 순환을 동시에 달성할 수 있어, 지속가능한 포장 산업으로의 전환을 위한 대안 기술로서 활용될 수 있다.

## 3.2 바이오매스 포장재 정책 및 기술 동향

최근 전 세계적으로 일회용 플라스틱 사용 규제 및 탄소중립 실현을 위한 정책이 강화됨에 따라, 친환경 포장재에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 유럽연합(EU)은 일회용 플라스틱 사용을 제한하는 규제를 시행하고 있으며, 국제적으로도 순환경제 기반의 자원 재활용 및 바이오매스 소재 전환이 중요한 과제로 제시되고 있다. 이러한 정책적 흐름은 단순한 친환경 소재를 넘어, 폐기물 저감과 기능성을 동시에 만족하는 포장재 개발을 요구하고 있다.

## 3. 왕겨 기반 바이오매스 포장재 적용 방안 검토

### 3.1 왕겨 자원의 발생 현황과 자원화 필요성

바이오매스 포장재 기술은 화석연료를 활용하는 대신 재생이 가능한 식물유래 자원인 바이오매스를 원료로 하여 고분자 소재를 합성하는 기술이다. 농업 생산과정에서 발생하는 다양한 농업 부산물 중 왕겨는 대표적인 바이오매스 자원으로, 자원순환 및 탄소 중립 실현을 위한 핵심 소재로 주목받고 있다.

표 1 연도별 쌀 생산량

연도	쌀 생산량 (만 톤)	재배면적 (만 ha)
2019	374.4	73.0
2020	350.7	72.6
2021	388.2	73.2
2022	376.4	72.7
2023	370.2	70.8

표 1 “통계청, 2023년 쌀 생산량조사 결과”에 따르면 국내에서 벼는 연간 약 350만톤이 생산되며, 이에 20%인 약 70만톤의 왕겨가 지속적으로 발생한다. 하지만 대부분 축사 깔개, 연료 등 저부가 용도로 활용된다. 이처럼 왕겨는 활용 분야가 적어 소각

표 2 국내·외 바이오매스 포장재 기술 개발 사례

기업(국가)	적용 사례	주요 기술
어스폼 (한국)[11]		- 버섯 재배 과정에서 발생하는 폐배지를 활용한 균사체 복합 제조 포장재 및 완충재(*24)
(주)어라운드블루 (한국)[11]		- 쌀껍질, 폐목재, 커피 찌꺼기 등 다양한 농업, 임업, 식품 부산물을 재자원화한 포장재(*23)
Cluj-Napoca 대학 (루마니아)[11]		- 폴리락타이드(PLA) 및 포도박 복합 포장재 기술(*24)
IIT Hyderabad (인도)[11]		- 폐수 침전물-달걀 껍데기 기반 생분해 필름 개발(*25)

표 2는 바이오매스 포장재 사례로, 버섯 폐배지, 커피 찌꺼기, 왕겨 등 농업 및 식품 부산물을 활용한 바이오매스 포장재 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 폐기물 자원화를 통해 환경 부담을 줄이고자 하는 다양한 시도가 나타나고 있다. 그러나 기존 기술은 주로 생분해성 확보 및 물리적 대체에 초점을 두고 있어, 식품 포장에 요구되는 수분 조절, 가스 제어, 미생물 억제와 같은 기능성 구현에는 한계를 가지는 것으로 나타난다.

반면, 왕겨는 연간 대량으로 발생하는 농업 부산물로서 안정적인 원료 확보가 가능하며, 다공성 구조와 셀룰로스·리그닌·실리카가 결합된 천연 복합 특성을 통해 수분 완충, 가스 흡착, 미생물 억제 기능을 동시에 구현할 수 있는 잠재력을 가진다. 따라서 기존 바이오매스 포장재의 기능적 한계를 극복하기 위한 대안 소재로서 왕겨 기반 기능성 포장재 개발이 필요하다.

### 3.3 기존 식품 보관 향상 기술 및 한계

수확 후 신선 농산물은 생리적 호흡 작용을 지속하며, 이 과정에서 생성되는 에틸렌은 과실의 성숙과 노화를 촉진하는 주요 요인으로 작용한다. 에틸렌 농도가 증가할 경우 호흡 속도가 급격히 증가하는 호흡 급등 현상이 나타나며, 이는 조직 연화, 색 변화, 당도 변화 등을 유도하여 품질 저하 및 부패를 가속화한다. 이와 같은 에틸렌의 영향을 억제하기 위해 기존에는 Modified Atmosphere(MA) 및 Controlled Atmosphere(CA) 저장법이 활용되어 왔다. 하지만 처리과정에서 에탄올과 아세트알데히드발생이 많아 이취에 대한 문제점이 지적되고있다[12].

### 3.4 왕겨 기반 바이오매스 포장재 적용 방안

그림 2의 소재는 왕겨와 바인더만 사용하여 제작되었으며, 농업 부산물인 왕겨를 업사이클링한 소재로, 천연 유기물 기반의 다공성 구조를 가지며 플라스틱 및 종이 기반 포장재를 대체할 수 있는 친환경 바이오매스 소재로 활용 가능하다. 본 소재는 상온 압축 기술과 친환경 바인더를 활용하여 제조 과정에서의 탄소 배출량을 최소화 하였으며 자연에서 구할 수 있는 인체에 무해한 바인더를 활용하여 식품 포장재의 활용 가능성을 제시한다.



[그림 2] 플라스틱 및 종이 대체 왕겨 소재 (좌), 적용안 예시 (우)

왕겨의 주 성분 중 하나인 실리카( $\text{SiO}_2$ )는 20%를 차지하지만, 희분으로 사용할 경우 약 90% 이상을 차지하는 무기질로, 미세한 다공성 구조를 가지는 것이 특징이다. 이러한 다공성 구조는 기체 분자를 물리적으로 포집할 수 있는 표면 특성을 가지며, 저장 환경 내에서 발생하는 에틸렌과 같은 기체 성분을 흡착하여 그 농도를 저감시키는 데 기여할 가능성이 있다. 에틸렌은 과실

의 성숙과 노화를 촉진하는 주요 인자로 작용하므로, 실리카 기반의 기체 흡착 특성은 과실의 호흡 증가를 간접적으로 억제하고 숙성 속도를 지연시키는 데 긍정적인 영향을 미칠 수 있다[13].

## 4. 결론

기존 플라스틱 및 종이 기반 포장재의 환경적 한계와 기능적 제약을 분석하고, 이를 대체할 수 있는 소재로서 농업 부산물인 왕겨를 활용한 바이오매스 기반 기능성 포장재를 제안하였다. 기존 포장재는 비생분해성 특성으로 인해 폐기 후 환경에 장기간 잔존하며, 재활용 과정에서도 구조적 한계와 오염 문제로 인해 실제 활용도가 제한되는 문제가 있다.

또한 왕겨는 연간 약 70만 톤 이상 발생하는 농업 부산물로서 안정적인 원료 확보가 가능하며, 기존에 저부가가치로 활용되거나 폐기되던 자원을 고부가가치 소재로 전환함으로써 자원순환 및 탄소중립 실현에 기여할 수 있다. 이는 플라스틱 폐기물 저감과 온실가스 배출 감소라는 환경적 효과뿐만 아니라, 저비용 원료 기반의 경제성 확보 측면에서도 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. 특히 왕겨는 실리카를 포함한 다공성 구조를 기반으로 에틸렌과 같은 기체를 물리적으로 흡착할 수 있는 특성을 가지며, 이는 저장 환경 내 에틸렌 농도를 저감시켜 과실의 호흡 증가를 억제하고 숙성 속도를 지연시키는 데 기여할 수 있다. 이러한 기능은 기존 MA 및 CA 저장 기술의 한계를 보완하여 신선 농산물의 저장성 향상 및 품질 유지에 중요한 역할을 할 수 있다.

본 연구의 결과는 왕겨 기반 포장재가 단순한 친환경 소재를 넘어, 기능성과 환경성을 동시에 만족하는 차세대 바이오매스 포장재로서 활용될 수 있음을 시사한다. 향후에는 열전도율, 수분 흡습률, 압축강도 등 정량적 물성 평가와 실제 저장 실험을 통한 유통기한 검증을 수행함으로써, 본 기술의 성능을 객관적으로 입증할 필요가 있다. 또한 식품 종류별 적용성 분석 및 대량 생산 공정 최적화를 통해 산업적 적용 가능성을 확대할 필요가 있다.

### 참고문헌

- [1] OECD, "Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options", 2022.
- [2] K. Marsh, B. Bugusu, "Food packaging—Roles, materials, and environmental issues", *Journal of Food Science*, Vol.72, No.3, pp.R39-R55, 2007.
- [3] R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law, "Production, use, and fate of all plastics ever made", *Science Advances*, Vol.3, No.7, 2017.
- [4] United Nations Environment Programme, "Turning off the Tap: How the world can end plastic pollution

- and create a circular economy”, 2023.
- [5] OECD, “Policy Scenarios for Eliminating Plastic Pollution by 2040”, 2023.
- [6] PlasticsEurope, “Plastics – the Facts 2023: An analysis of European plastics production, demand and waste data”, 2023.
- [7] 최형진, “플라스틱 폐기물 순환경제 촉진을 위한 인벤토리 구축” 국내박사학위논문 경기대학교 대학원, 2023
- [8] International Energy Agency, “The Future of Petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers”, 2018.
- [9] 식품의약품안전처, 식품용 기구 및 용기·포장 기준 해설서, 식품의약품안전처, 2020.
- [10] G. L. Robertson, “Food Packaging: Principles and Practice”, 3rd ed., CRC Press, 2013.
- [11] 농림식품기술기획평가원, “농식품미래이슈보고서: 국내·외 친환경·스마트 식품 포장재 동향”, 2025.
- [12] 여창은, “‘금실’ 및 ‘킹스베리’ 딸기 수출을 위한 포장방법 및 active MAP 적용 시 품질 변화 연구”, 국내석사학위논문 강원대학교 대학원, 2025.
- [13] 전국과학전람회. “가래나무와 왕겨를 활용한 에틸렌 조절에 관한 연구”, 2011